

# GRACE, ICESat, EnviSat データを用いた南極氷床質量変動の研究

長崎鋭二<sup>1</sup>、福田洋一<sup>2</sup>、山本圭香<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学理学研究科

<sup>2</sup> 京都大学理学研究科

## Study on Antarctic ice sheet mass change using GRACE, ICESat and EnviSat data

Eiji Nagasaki<sup>1</sup>, Yoichi Fukuda<sup>2</sup> and Keiko Yamamoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Kyoto University*

<sup>2</sup> *Kyoto University*

Total ice sheet on Antarctica amounts about 90 % of the earth's entire Ice sheet, which is equivalent to almost 60 meters of sea level change. Nevertheless, because of the difficulties of in-situ observations, it has been difficult to estimate the mass change rate of Antarctic Ice-sheet mass. GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) has been observing time-variable gravity fields, by measuring the distance between the twin satellites continuously. GRACE has succeeded to estimate the mass change rate in Antarctica, which was impossible to conduct by other means. However, GRACE observes the total mass change including the Post Glacial Rebound (PGR) effect which leaves a large uncertainty in mass estimation. Consequently GRACE estimation of the ice sheet mass changes contains the error due to the PGR model uncertainties.

On the other hand, ICESat (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite) is a satellite with GLAS (Geo-science Laser Altimeter System), which can observe ice-sheet elevation changes as well as land changes. There are several studies on comparing GRACE data with ICESat data. By combining the elevation changes observed by ICESat with mass changes by GRACE, a better PGR model can be obtained. Although ICESat data has sufficient coverage of the higher latitudinal area, its data sets of 90 days with 180 days of interval time are not appropriate to compare with monthly GRACE data. Equipped with RA2 radar system, EnviSat (Environmental Satellite), which observes land, ocean and ice-sheet elevation, is useful to compensate ICESat data, because its data sets are available monthly from the same period as GRACE. In this study, we present the data processing using ICESat and EnviSat altimeter data combined with GRACE data, and the result of the estimated ice-sheet trend over Antarctica.

南極氷床は地球全体の氷床の約 90%を占めており、これは、約 60m の海水面変動に相当する。しかし、現場観測の難しさから、これまで南極全体の氷床質量変動を推定することは容易ではなかったが、重力場の時間変化を観測する双子衛星 GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment)の出現により、南極全域の質量変化を推定することが可能となった<sup>1</sup>。しかし、GRACE は氷床の質量変動に加え、Post Glacial Rebound (PGR)の効果による質量変化も含めた積分値を観測しており、その影響を分離することができない。特に南極では、PGR の影響が大きいにも関わらずモデルの精度が高くなく、GRACE による氷床変動推定の大きな誤差源となっている<sup>2</sup>。

一方、レーザー高度計 GLAS (Geo-science Laser Altimeter System)を搭載した ICESat (Ice Cloud and land Elevation Satellite)は、氷床の高さ変化を観測することができる<sup>3</sup>ので、ICESat による高度変化と GRACE による質量変化のデータを組み合わせることで、原理的には、質量変化と高度変化を分離することができ、PGR モデルを改良することが可能である<sup>45</sup>。ICESat と GRACE を組み合わせた研究は既に幾つか実施されている<sup>67</sup>が、ICESat のデータは 180 日間隔で 90 日間の測定 of 繰り返しによるものであり、GRACE の各月毎のデータとの比較が難しいという問題がある。他方で、EnviSat (Environmental Satellite)に搭載されたレーダー高度計 (RA2)は、陸地、海域に加えて氷床の高度変化も観測している。RA2 レーダー高度計は GLAS のレーザー高度計ほど精度は高くないものの、GRACE と同じ期間の各月毎のデータが取得可能であることから、ICESat データの補完に有用と考えられる。そこで、本研究では、これまでの GRACE の重力データ及び ICESat の高度計データの比較に加え、EnviSat の高度計データを用いて南極氷床の質量変動を推定することを目指した。

発表では、ICESat と GRACE のデータ処理方法に加え、EnviSat のデータやその処理方法、ならびに解析結果について報告する。

## References

<sup>1</sup> Isabella Velicogna et al., Measurements of Time-Variable Gravity Show Mass Loss in Antarctica, Science, doi: 10.1126/science.1123785, vol 311, 1754, 2006

- 
- <sup>2</sup> Erik R.Ivins and Thomas S. James, Antarctic glacial isostatic adjustment: a new assessment, *Antarctic Science* 17(4), 541-553, doi: 10.1017/S0954102005002968, 2005
- <sup>3</sup> Hamish D. Pritchard et al., Extensive dynamic thinning on the margins of the Greenland and Antarctic ice sheets, *nature letters*, doi: 10.1038/nature08471, vol 461, 2009
- <sup>4</sup> Riccardo E.M. Riva et al., Glacial Isostatic Adjustment over Antarctica from combined ICESat and GRACE satellite data, *Earth and Planetary Science Letters*, doi: 10.1016/j.epsl.2009.10.013, 516-523, 2009
- <sup>5</sup> Isabella Velicogna and John Wahr, A method for separating Antarctic postglacial rebound and ice mass balance using future ICESat Geoscience Laser Altimeter System, Gravity Recovery and Climate Experiment, and GPS satellite data, *J. Geophys. Res.*, doi: 10.1029/2001JB000708, VOL. 107, 0148-0227, 2002
- <sup>6</sup> Keiko Yamamoto, Yoichi Fukuda, Koichiro Doi, and Hideaki Motoyama, Interpretation of the GRACE-derived mass trend in Enderby Land, Antarctica, *Polar Science*, doi: 10.1016/j.polar.2008.10, 267-276, 2008
- <sup>7</sup> D.C. Slobbe, P.Ditmar and R.C. Lindenbergh., Estimating the rates of mass change, ice volume change and snow volume change in Greenland from ICESat and GRACE data, *Geophys. J. Int.*, doi: 10.1111/j. 1365-246X.2008.03978.x, 95-106, 2009